

筋電位信号による上肢運動の推定 ～VR治療への応用を目指して～

システム科学技術学部　電子情報システム学科

1年　阿久津　航希

1年　下天摩　隆

指導教員　システム科学技術学部　電子情報システム学科

助教　伊東　嗣功

助教　寺田　裕樹

1. はじめに

事故などで手や足を切断した際に、切断肢が存在するかのように錯覚する幻肢と呼ばれる現象が報告されている。その幻肢を知覚している人の約半数が幻肢痛と呼ばれる難治性疼痛を抱えている[1]。幻肢痛の詳細なメカニズムは明らかになっていないが、脳から切断肢に送られた運動指令と切断肢の随意運動の感覚情報との間に解離が生じるためと考えられている[2]。これらの報告から鏡を用いた鏡療法が考案され、幻肢痛の寛解に効果があると報告されている。しかし、従来の鏡療法では両手もしくは両足の欠損者に対する幻肢痛の寛解は困難である。近年ではバーチャルリアリティ (VR) や拡張現実感 (AR) を用いたリハビリテーション手法が提案されている[3]。VR や AR は両手もしくは両足が欠損していても手や足の情報は作製可能である。そのため VR や AR を用いた幻肢痛の治療法の開発が盛んに行われてきている。欠損者の意図通りの動作を VR や AR に反映するには脳活動や筋活動から体を動かそうとする意図を抽出する必要がある。現在の技術では詳細な手の動作を脳活動から判別するのは難しいため、本研究では指先の運動に関わる筋電位に着目した。具体的には、指の関節を屈折させる浅指屈筋や深指屈筋に着目して前腕部の筋電位から手の動作を推定する技術を開発する。上記の技術的な背景を踏まえ、今後 VR や AR を用いて両手、両足を失った患者に対してもリハビリテーション可能なシステムを開発するため、本研究では基盤となる技術の開発を行う。

2. 実験手法

研究の遂行にあたり前腕部の筋電位から手の動作を推定する技術を開発する必要がある。手の動作を計測するため、曲げセンサーを利用したデータグローブを作製し、データグローブ用の計測ソフトウェアを開発した(図1左図)。曲げセンサーの位置は指の動作を計測できるように全ての指の第一関節にセンサーが接触するようにした(図1左図)。筋電位の計測には Ganglion を使用し、Bluetooth で PC にデータを保存した(図1右図)。本研究では手の動作の計測と筋電位計測を行った。



図 1. 曲げセンサーを利用したデータグローブと筋電位計測機

2.1 手の動作の計測と筋電位計測

手の動作の計測をする場合、データグローブを装着して手を開いて脱力した状態で計測を開始し、計測開始から 5 秒後に手の形を変えて 3 秒間維持する。その後、手を開いて脱力した状態に戻し 5 秒間計測する。対象とする手の形は(a)、(b)、(c)、(d)の 4 種類を設定した(図 2 左図)。(a)は全ての指の関節を曲げた状態、(b)は全ての指の関節を伸ばした状態、(c)は親指と人差し指以外を曲げた状態、(d)は中指と薬指を曲げた状態とする。筋電位計測の場合、計測用の電極を浅指屈筋や深指屈筋の付近に装着し(図 2 右図)、対象とする手の形は手の動作の計測と同じに設定した。

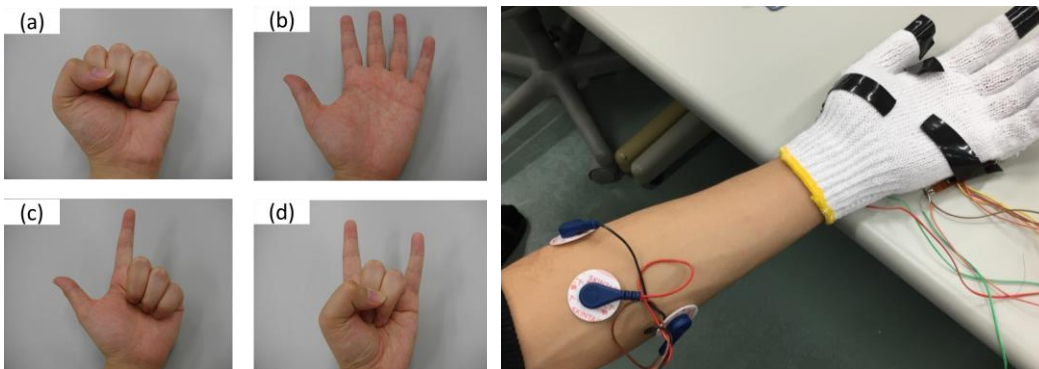


図 2. 手の動作の計測と電極位置

3. 結果と考察

手の動作の測定についての結果を図 3 にまとめた。手の形を維持している間の図 3(a)の数値は 0 秒から 3 秒までの基線より減少傾向を示し、図 3(b)の数値は 0 秒から 3 秒までの基線より増加傾向を示した。これは(a)全ての指の関節を曲げた状態と(b)全ての指の関節を伸ばした状態を計測しているため、曲げセンサーの数値が正反対の傾向を示した。図 3(c)は親指と人差し指以外を曲げた状態であり、人差し指と親指の数値は 0 秒から 3 秒までの基線より増加傾向を示し、それ以外の指の数値は減少傾向を示した。図 3(d)は中指と薬指を曲げた状態であり、親指、人差し指、小指の数値は 0 秒から 3 秒までの基線より増加傾向を示し、それ以外の指の数値は減少傾向を示した。これらの結果から、曲げセンサーを用いて手の形を捉えることは容易であると考えられる。

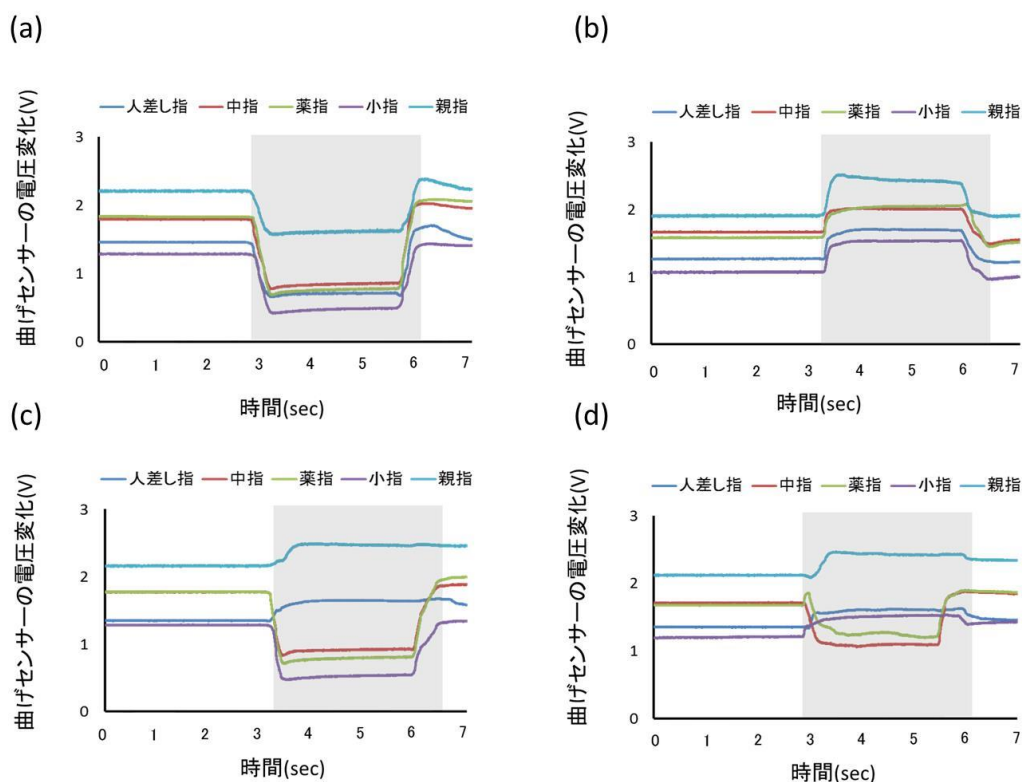


図3. データグローブを用いた手の動作の計測

灰色で表示された領域は手の形を維持している時間を示す。

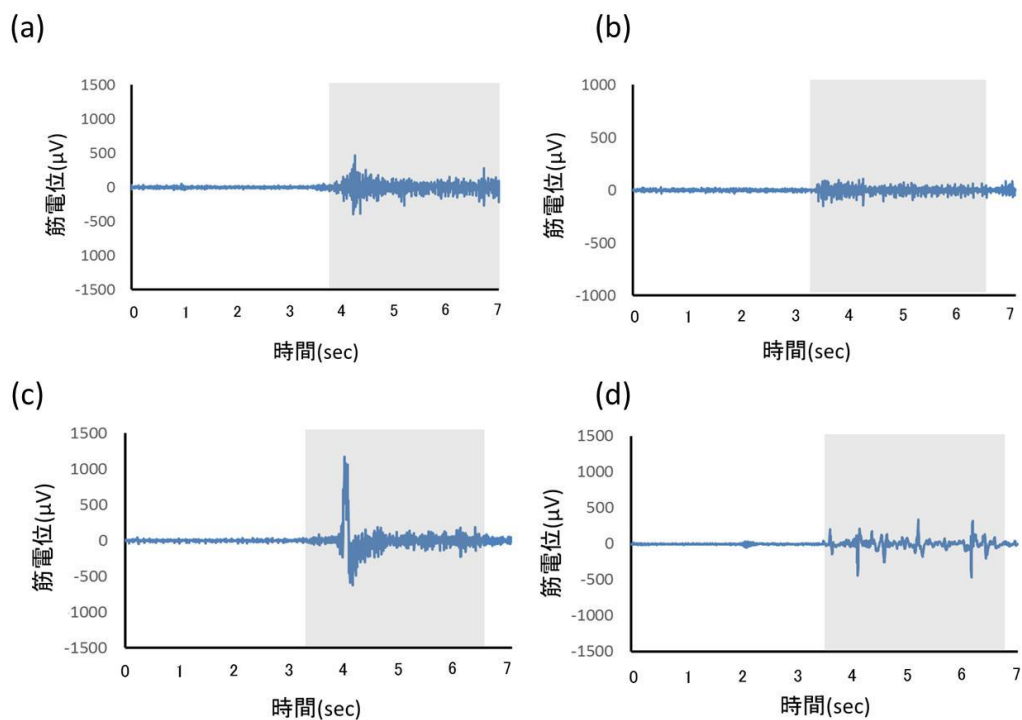


図4. 手の動作と筋電位

灰色で表示された領域は手の形を維持している時間を示す。

筋電位計測についての結果を図4にまとめた。図4(a)は全ての指の関節を曲げた状態であるため、指の関節を曲げ始めた4秒あたりに基線よりも筋電位が大きくなる傾向を示し、5秒から7秒にかけても筋電位の活動が確認できる。図4(b)は全ての指の関節を伸ばした状態であるため、図4(a)よりは小さい筋電位を示した。図4(c)は親指と人差し指以外を曲げた状態であり、指の関節を曲げ始めた4秒あたりに1mV程度の筋電位が計測された。図4(d)は中指と薬指を曲げた状態であり、指の関節を曲げ始めてから3秒程度の間で-0.4mV-0.4mV程度の筋電位を示した。これらの結果から筋電位の時間的な変動傾向に着目すれば、手の形を筋電位から推定することは可能であると考ええる。

4. おわりに

本研究では開発したデータグローブを用いて複雑な手の動作と筋電位を関連付けて解析するためのシステムを開発し、計測を行った。本報告は1電極による筋電位計測のため、筋電位の時間的傾向しか計測しておらず空間的な傾向については議論できなかった。今後は「VR、ARによるリハビリテーションシステムの構築」を目指し、電極数を増加させて動作に依存した詳細な筋電位の時空間パターンの解析を行う。

本研究で開発したデータグローブは簡単なセンサー部とデータロガー部で構成されているため、比較的安く構築することが可能である。研究の成果はリハビリテーションを支援する側の人々にも貢献することができると考えている。

参考文献

- [1]Jensen TS, Krebs B, Nielsen J, Rasmussen P., "Immediate and long-term phantom limb pain in amputees, incidence, clinical characteristics and relationship to preamputation limb pain", Pain, Vol.21, No.3, pp. 267-278, 1985
- [2]住谷 昌彦, 宮内 哲, 前田 倫, 四津 有人, 大竹 祐子, 山田 芳嗣, "幻肢痛の脳内メカニズム", 日本ペインクリニック学会誌, Vol.17, No.1, pp.1-10, 2010
- [3] Osumi M, Ichinose A, Sumitani M, Wake N, Sano Y, Yozu A, Kumagaya S, Kuniyoshi Y, Morioka S., "Restoring movement representation and alleviating phantom limb pain through short-term neurorerehabilitation with a virtual reality system", European Journal of Pain, Vol.21, No.1, pp.140-147, 2017